

基于 SLP 方法的 Z 车间设施布局改善研究的案例报告

摘 要

在如今的制造业领域中，车间的布局对物料的搬运成本和搬运效率有着至关重要的影响。现有企业的零件生产 Z 车间要进行自动化改造设施更换，以往的布局经验不足已完成企业的布局规划和生产要求，所以使用 SLP 系统设施规划方法，对生产车间进行设施布局优化，分析作业单位间的物流关系及非物流等关系，并绘制相应的布局及相关图，并根据现有现实条件约束，制定了两个优化后的设施布局方案。优化后的方案一节省了车间的使用面积 300m^2 ，物流强度约为初始方案 74.28%。优化后的方案二节省了车间的使用面积 270m^2 ，物流强度约为初始方案 66.82%。最后通过层次分析法，对初始方案和得到的两个优化方案进行评价分析，分析准则层相对目标层的影响水平时，使用问卷调查法进行专家打分，并构建判断矩阵确定权重，通过一致性检验，选择出最优的方案为方案一。

关 键 词

布局优化；SLP 设施布局规划；层次分析法

目 录

1 绪论.....	1
1.1 研究背景和意义	1
1.2 研究内容和目的	2
1.3 研究方法和框架.....	3
2 本课题有关的理论概念.....	4
2.1 设施布置规划.....	4

2.2 系统布置设置方法 (SLP)	5
2.3 层次分析法	6
3 企业 Z 车间现状与问题	7
3.1 公司简介	7
3.2 车间现状分析	7
3.3 车间布局存在的问题	1 2
4 企业 Z 车间布局优化	1 6
4.1 作业单位间物流关系分析	1 6
4.2 作业单位间非物流关系分析	1 8
4.3 作业单位间综合物流关系分析	1 9
4.4 作业单位位置及面积相关图分析	2 2
4.5 优化布局图及分析	2 5
4.6 方案评价与选择	2 8
5 结论与展望	3 3
参考文献	3 5

1 绪论

1.1 研究背景和意义

经济全球化和工业改革开放以来,很多先进的国外科学技术无时无刻不在影响着我国的企业。虽然市场机会众多,但企业竞争异常激烈,想要在激烈的竞争中取胜,就要,精细准确科学的管好每一个细节^[1]。车间设施布局研究是工业工程研究和实践的重要领域。合理的工厂设施布局设计在提升企业的竞争中,显得越来越重要,据相关资料显示,物料搬运的费用占总成本的 20%到 50%^[2]。合理的设施布局规划,可以使执行费用减少 10%到 30%,车间布局的好坏,直接影响着整个生产系统的运行,通过物料搬运的成本,使生产成本增加^[3]。目前我国大多数制造企业生产运作管理存在一定问题,车间的建设与管理人员的经验为主,布局也是照搬其他公司方案,导致车间内出现生产环境混乱,重复搬运等限制了公司发展^[4]。系统布置方法是车间布局理论方法,是首先通过调查车间生产现状进行分析,物流强度,非物流强度,作业流程等用数据画出关系图和分析图和分析图 and 重新规划出较为合理的布局。左韵杨运用数学建模与 SLP 相结合的方法并验证了结果的可行性^[5]。

在制造业领域,车间设施的布置设计往往与物料的搬运成本与搬运效率有着直接的关系,而 SLP 方法作为车间布局设计中的一种常用设计方法,则恰恰能够优化各车间、部门以及车间内设备的相对位置,减少不必要的搬运浪费,为车间设施的合理布置提供支持^[6]。SLP 方法对车间作业单位物流强度、物流关系展开分析,则可以使设施布置设计得到优化,使半成品搬运成本与搬运效率得到有效控制^[7]。SLP 法通过大量图表分析,引入量化的关系等级概念,建立各作业单位间的相互关系图表,从而构成布局规划模型合理布局^[8]可以保障工作的顺利进行,能有效提高生产质量。^[9]车间布局优化一直以来是企业提高生产效率、降低生产成本的重要一环,车间的布局合理性关乎能否更好的促进企业发展^[10]。基于此,在传统 SLP 原有的程序模式上增加了原始资料要素,利用物流量-距离(F-D)分析法指出现有布局存在的问题^[11],作出物流相关图及非物流相关图,然后将二者加权求和得到综合相关图,通过寻优得到不同的方案,最后使用评价方法比选出最佳布置方案^[12]。

合理的车间布局，可以使工人能够更加便捷的工作。并且相对于其他方式，如工艺流程的改善，人员管理上的改善等来说，车间布局改善的成本和效益的性价比也是非常可观的。过去，通过改善车间布局去优化生产线是生产企业在改善过程中不容易被采纳的，因为一些工厂管理人员认为成本过于巨大，但其实综合改善成本和改善效益来说却是比较划算的。希望本文的研究能够给该企业以及类似中小型的依赖于的企业在生产线优化方面外提供一些改善思路。除此之外，也希望可以在有关车间布局方面的研究提供一些边际贡献。

1.2 研究内容和目的

(1) 研究内容：这篇文章主要以系统化布置设计方法和层次分析法作为理论的基础，研究和解决目前 Z 车间布局存在的问题。主要的研究内容为：

第一章，绪论引言，这一章主要查阅相关文献以及资料，介绍了车间布局设置的一些研究现状，解释和说明分析研究此文内容的意义，粗略介绍研究方法以及研究框架。

第二章，相关理论方法的理论概念。对方法 SLP 方法进行系统的阐述，设施布置规划的基本理论、目标、原则等进行一个解释与阐述，以及对层次分析法进行描述。

第三章，主要是分析该企业对车间的现状与问题。对该车间现存的生产不合理之处进行描述，主要是搬运物流以及布局的不够合理。

第四章，首先使用 SLP 方法对企业生产管理现状进行系统的分析，对零件车间生产产品的工艺流程进行分析，主要是使用相关图法对该车间的布局进行综合分析，得出方案一与方案二。然后用层次分析法进行其他因素综合的分析与评价最后得出相对更为优化的方案一。

第五章，总结与展望。跟据文章研究得出结论，结合实际情况，提出相关建议，以及总结与展望。

(2) 研究目的：虽然该企业是一个成熟企业，但在其现有的车间布局等问题上仍有改进之处，这是企业与时俱进的需要。所以我们针对 Z 车间的布局不合理而存在的种种搬运、生产线问题，我们使用 SLP 方法进行系统分析，解决企业在生产流程上的物料搬运多，物流强度大等方面的问题，提供更为合理化的布局。实地考察调研车间的生产状况，收集相关数据信息，分析该车间生产过程中设施布局方面存在的主要问题；运用系统设施布置方法对该车间各个生产单元间的关系进行分析，得到该车间初始布局方案，并根据车间实际生产状况和设施布置条件限制优化布局；提高该车间的面积利用率，降低车间净化成本；优化该车间物流

系统，物流效率得到提高，良好的设施布局有利于车间“5S”的推行和保持，为企业积累相关的数据，为后续车间扩建和改造提供数据和理论支持。

1.3 研究方法和框架

在 80 年代，一个美国人缪瑟针对车间的种种现状，提出了一种设施布置方法——SLP 布局设计方法。其最核心的内容就是要分析作业单位间的物流关系，非物流关系，然后根据这两种关系，得到综合相互关系。在进行综合相互关系时，会有一个权重的选择，会根据车间的侧重点，重要的选取最大的权重，然后作出面积相关图等，根据车间约束，选出一个最优的布局方案。当方案可有很多种时，一般选择层次分析法或者是其他评优方法进行综合评优，选取最优方案。

本文研究的思路框架图：

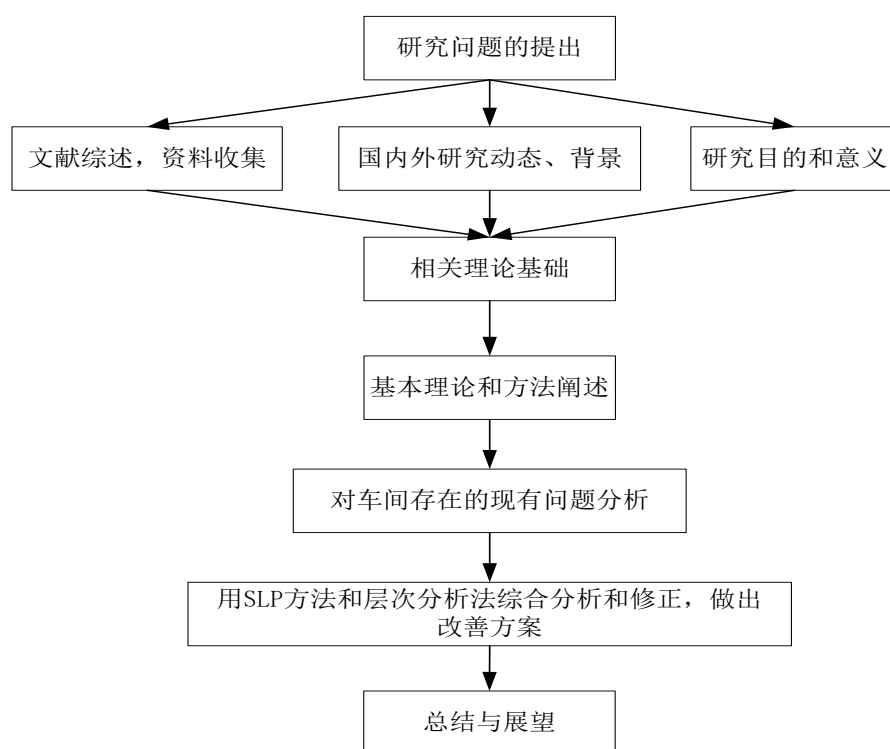


图 1 思路框架图

2 本课题有关的理论概念

2.1 设施布置规划

设施布置规划是 20 世纪 60 年代美国的缪瑟提出的，在当时的影响是极为轰动的。

该系统于 1980 年代引入中国，旨在关注系统的各种设施，人员和系统投资的系统规划和设计。最广泛使用的区域也是核心内容即工厂和车间的内部设计和布局以及设备的布局。目标是最大程度地优化物流路径系统，并通过优化生产物流来实现提高生产效率的目标。它主要详细分析企业的生产过程和物料流，以作业运营单位的物流和非物流以及关系分析为主要路线来设计生产设施计划，并使用一些富有表现力的图例符号和清晰的程序为表格执行系统。分析设计，有效缩短生产周期。

2.1.1 设施布置目标

使生产对象流畅地流动，避免过程之间来回或交错流动，并最大程度地减少生产时间。为了最有效地利用空间，最大程度地利用空间区域，内部设备和操作单元所占用的空间应较小。物料搬运成本最低。物料运输路线短而快速。保持生产的灵活性和安排以适应产品需求的变化。适应组织结构的合理化和管理的便利。为员工提供方便，安全和舒适的工作环境，并为改善员工的身心健康创造条件。

2.1.2 设施布置原则

关于车间布置的原则主要有技术先进，经济合理操作，维修要方便，设备要简洁紧凑，整齐美观的排列，能够节省投资的一些要求①整体性原则。布局需要考虑对布置设计有影响的全部因素，首先要考虑费用最低的需要工艺流程，要连贯生产安排要柔性化。②搬运行进路线最短的原则。设备的搬运物料的补货，产品的位移都会有一些搬运路线长短，直接影响着企业的人力成本，物流搬运成本。③空间利用率最高原则。企业的存储空间和生产作业区域是有限的，所以合理的空间布局是十分必要的，它可以减少面积的浪费，能够实现空间利用率最大化。④安全性原则。安全性原则是最重要的，要全面考虑人员的安全，设备的安全，生产的安全等等。要求考虑人，设备，原料这三个基本单元。⑤流动性原则。保持整个生产作业过程中仍能够流畅的，穿梭于作业单元中，所以复杂的物料搬运路线是非常不合适的，人员工作路线的迂回也会使效率降低。

2.2 系统布置设置方法（SLP）

SLP（系统布局规划）方法提出了操作单元之间关系的紧密表示，这使布局设计可以从定性阶段发展到定量阶段。将产品 P，输出 Q，生产路线 R，辅助服务部门 S 和生产计划 T 作为给定的基本要素（原始数据），作为布局设计工作的基本起点。它一直是工厂设施布局的关键分析方法，是工业工程领域不断研究和探索的方向。自工业革命以来，已经开发了许多手动分析，数学分析和图形技术。在过去的 60 年中，已经开发了计算机辅助的工厂布局。它不仅适用于各种规模或类型的工厂的新建，扩建和改建，以及车间设备布局 and 布局的调整，也适合办公室，实验室，仓库等设施布置，还可用于医院。该分法主要分为三个阶段：①布置设计的分析阶段②布置设计的寻优阶段③布置方案的评优阶段

SLP 方法步骤图如图 2 所示：

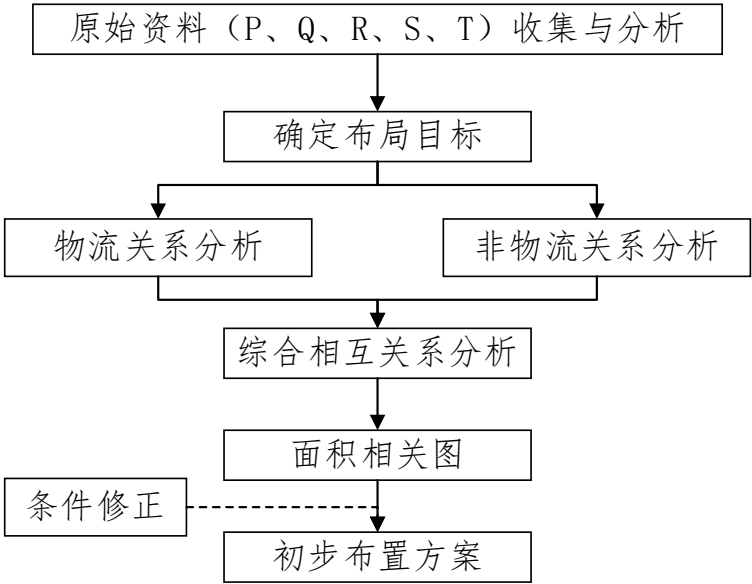


图 2 SLP 方法步骤图

2.3 层次分析法

AHP 是一种进行定性和定量分析的决策方法，它将与决策相关的所有元素分解为目标和准则。该方法基于网络系统理论，是在 1970 年代初期由美国运筹学教授在美国国防部针对“基于各种工业部门对国民福利的贡献的配电”

的研究中的应用提出了一种水平权重决策分析方法，在分析层次结构过程中使用成对比较方法，并使用 1-9 的比较比例，构造成对比较矩阵（主观判断矩阵），并找到与最大值对应的特征成对比较矩阵的特征值，对该向量进行归一化以获得权重向量（即代表每个索引权重的向量）。计算权重向量（针对每个配对的比较矩阵）并检查一致性，具体步骤如下：

计算每个成对的比较矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}$ 和对应的特征向量 W；

使用一致性测试指标 CI 随机一致性测试指标 RI 和一致性比率 CR 进行一致性测试，其中：

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

表中显示了随机一致性测试指标的数值。如果 $CR < 0.1$ ，则矩阵通过一致性测试。即判断矩阵具有令人满意的结果。

表 1 判断矩阵的比较尺度及表示的含义

标度	表示的含义
1	两个因素 i, j 相比较, i 和 j 同等重要
3	两个因素 i, j 相比较, i 比 j 稍微重要
5	两个因素 i, j 相比较, i 比 j 明显重要
7	两个因素 i, j 相比较, i 比 j 更为重要
9	两个因素 i, j 相比较, i 比 j 极端重要
2,4,6,8	表示 i, j 重要性判断的中间值

3 企业 Z 车间现状与问题

3.1 公司简介

本文研究的 Z 车间属于 L 公司，该公司成立于 2003 年，专门致力于各类零件的开发与制造，是属于零件开发制造服务的中型股份企业，主

要业务涵盖汽车设备零件制造，电子设备零件制造，医疗机械设备零件制造等方面的设备零件制造。截至 2020 年已有多家全资子公司，

更涉及部分航空企业的部分零件供应业务。并先后于国内安徽，河南等地的地区开设分厂，国际制造方面也于非洲等地开设分厂。该企业是国家高新技术企业，于近几年快速发展，荣获各项省级奖励达 50 多项，拥有发明专利 35 项，技术力量十分雄厚，实现了专利技术以及主打产品的市场占领权。经营的产品丰富多样，企业涉及自动化设备等产业。而该企业 Z 车间的生产方式是典型的离散型生产，其特点为多品种，批量式生产。

该公司的组织构架图：

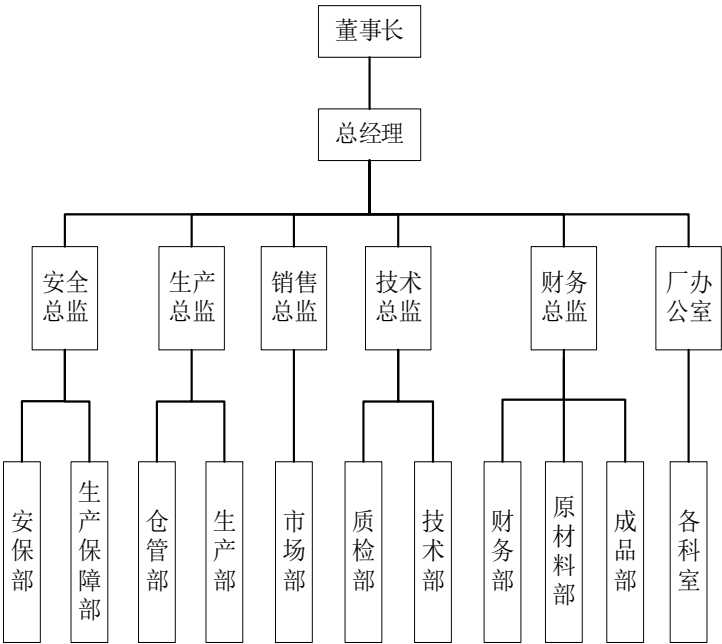


图 3 组织构架图

3.2 车间现状分析

3.2.1 车间布局描述

据实地调研了解到，该公司因为市场条件良好，所以决定对车间进行改造一次来满足生产的需要，建设新型制造车间，所以就把传统的制造设备进行淘汰处理，就引进了先进的数控车床，以及各项国外引进的先进设备如切割机，冲压机等。淘汰下来的旧设备，进行折旧废弃处理，而新型设备则根据以往的生产和工人经验随意布置，没有经过科学的规划和系统的物流分析设计，直接影响了生产效率，物料搬运成本以及场地的面积利用率等，生产成本的扩大进而影响了企业生产效益。所以生产设备的布置在没有进行精益生产与布局的分析情况下，工作人员大抵是按照以往经验或者是按照工艺原则进行的。经过实地调研，资料采集

发现该零件加工车间主要的功能区 15 个，毛坯区，检验暂存区

1, 数控车铣区, 数控立式加工区, 检验暂存区 2, 数控卧式加工区, 滚车加工区, 压装区, 插床区, 磨床区, 测试包装区, 热处理区, 线切割区, 成本仓库, 办公区。零件加工车间的主要中心的功能区和各作业单位的功能如表 2 所示:

表 2 Z 车间布局作业单位功能及面积表

序号	单位 符号	作业单位名称	作业单位功能	面积/m ²	长/m	宽/m
1	A	毛坯区	工业制造辅料存放	168	14	12
2	B	检验暂存区 1	辅料装入设备区域	78	13	6
3	C	数控车铣区	铣削加工	54	6	9
4	D	数控立式加工区	钻削加工	60	10	6
5	E	检验暂存区 2	辅料装入设备区域	30	5	6
6	F	数控卧式加工区	零部件精密加工	48	6	8
7	G	数控车滚区	滚刀加工	40	10	4
8	H	压装区	压装工序	30	10	3
9	I	插床区	切削工件	30	10	3
10	J	磨床区	磨削加工	30	10	3
11	K	测试包装区	产品质检	12	4	3
12	L	热处理区	工件热加工	18	6	3
13	M	线切割区	金属电加工	24	4	6
14	N	成品仓库	成品堆积存放区域	160	8	20
15	S	办公区	行政办公	40	8	5
合计		Z 车间	零件生产	1500	50	30

3.2.2 产品信息介绍和工艺流程

该车间是典型的多品种和小批量生产零件加工车间。该车间生产的零件的主要类型是托架, 主体, 台体, 底座等。

经过与车间主任的交流, 查看了该零件车间的生产大纲, 发现零件种类众多且工艺流程不尽相同, 基于文章内容性质, 无法用工艺流程图进行一一表示, 所以采用单件零件物流流程来表示, 该车间主要生产的零件以及相关的物流流程表如表 3 所示:

表 3 生产的零件以及相关的物流流程表

零件代号	零件类别	单件重量/kg	零件加工过程物流流程
1	钢管支架	3.15	A→B→C→B→I→K→N
2	钢基座	4.26	A→B→C→B→L→H→B→D→K→N
3	球形框体	1.15	A→E→G→E→L→K→N
4	镶钢上下套件	1.29	A→B→C→B→L→H→B→C→K→N
5	锁紧蜗杆	0.26	A→E→F→E→L→J→K→N
6	花键套	0.10	A→E→F→E→K→N
7	上盖	1.54	A→E→G→E→K→N
8	钢套	0.53	A→L→B→C→B→K→N
9	模块座	1.57	A→B→D→B→L→B→D→B→K→N
10	面板	0.45	A→B→D→B→L→B→D→B→K→N
11	汇流条	0.20	A→B→D→B→M→K→N
12	散热片	0.35	A→B→D→B→K→N
13	本体	1.50	A→E→G→E→K→N
14	本体骨架	3.27	A→E→G→E→L→K→E→G→E→K→N
15	薄壁球壳	1.05	A→B→D→B→C→B→K→N
16	环座	1.15	A→B→C→B→D→B→K→N
17	环罩	0.05	A→B→C→B→K→L→N
18	盘纤小块	0.10	A→E→G→E→M→K→N

经过与车间主任的信息交流，对车间的年产量与月产量综合分析对比，发现该车间接受订单相对固定，属于订单式生产，并且每个月每种零件生产产量差异，比例波动均小于 10%，也就是说，车间属于批量式生产。经过详细沟通，得到的零件要求日产量与实际产量往往根据订单紧急程度而有所改变，所以往往由补单情况，不能跟据生产表来直接确定产量。而由于是新改造车间，书局不够全面，决定采用实地调研，并随机抽样采取时间段零件产量，取平均数，保留一位小数（单位/kg）。由于时间原因，抽取了 9 天分别是 2 月 1 日、2 月 3 日、2 月 6 日、2 月 8 日、2 月 9 日、2 月 12 日、2 月 15 日、2 月 18 日、2 月 20 日，制成 9 组样本如表所示，可看出每天每种零件产量如表 4 所示：

表 4 生产的零件产量表

零件代号	2 月 1 日	2 月 3 日	2 月 6 日	2 月 8 日	2 月 9 日	2 月 12 日	2 月 15 日	2 月 18 日	2 月 20 日	合计	平均值
1	73.6	76.2	75.2	78.9	71.6	78.4	75.1	72.1	75.8	676.9	75.2

2	99.2	98.7	92.4	109.5	100.3	99.7	105.2	99.4	92.7	897.1	99.7
3	30.5	31.4	31.9	28.7	28.7	31.4	32.9	33.3	30.4	279.2	31.0
4	30.4	30.9	28.3	29.7	29.5	29.6	27.5	33.7	30.1	269.7	30.0
5	7.3	7.6	6.9	8.9	7.9	8.1	7.9	8.4	9.8	72.8	8.1
6	2.6	2.7	1.9	1.8	2.1	1.8	2.4	2.7	2.1	20.1	2.2
7	30.7	30.8	30.4	30.6	30.5	31.5	29.8	29.3	28.7	272.3	30.3
8	10.3	10.7	9.3	9.7	9.5	10.8	10.7	10.5	9.8	91.3	10.1
9	49.3	48.2	52.7	53.7	49.5	49.3	47.5	45.6	42.8	438.6	48.7
10	45.2	42.9	43.5	48.3	48.7	45.3	42.9	49.2	46.5	412.5	45.8
11	13.9	14.8	19.6	15.4	16.7	14.6	17.3	14.6	16.2	143.1	15.9
12	27.6	27.9	27.4	24.6	24.3	24.1	25.6	24.3	26.7	232.5	25.8
13	18.6	23.6	24.1	25.7	24.9	24.1	23.9	17.3	16.5	198.7	22.1
14	65.3	63.4	66.4	65.9	67.2	64.2	65.3	64.2	66.8	588.7	65.4
15	40.0	40.2	41.9	37.2	38.6	36.9	44.6	41.3	40.1	360.8	40.1
16	21.2	21.6	21.3	21.9	21.3	21.4	24.3	24.9	21.7	199.6	22.2
17	1.1	1.0	1.2	0.8	0.9	0.9	1.3	1.1	1.1	9.4	1.0
18	2.3	1.9	1.8	1.6	1.7	1.8	2.1	2.3	2.1	17.6	2.0
合计	569.1	574.5	576.2	592.9	573.9	573.9	586.3	574.2	559.9	5180.9	

3.2.3 车间作业区划分布局图

是一个零件生产车间，根据加工零件的不同，有两个暂存功能区，既是进行装入工料搬运的地方，也是加工完一个工序后称重，暂存的地方，因为是精密的重要零件加工，所以对质量要求严格。将工料搬运装入设备中，称为上料系统。然后将工料分别进行数控铣削复合工序，钻削工序，滚刀加工磨削等工艺。因为零件都是为金属工艺，它还涉及热处理。热处理是指一种金属加工技术，其中材料通过加热，保温和冷却以固态加热以获得预期的结构和性能。最后还有切割工艺，能够使加工的工件瞬时高温，局部金属熔化氧化腐蚀。辅料区是堆放原料的地方，产品加工完成后，还有一部质检包装工序会在检验区进行。然后将成品搬运至成品仓库进行储存，等待出库。办公室是行政办公的地方。功能区所在区域初始布局图如图 4 所示，各作业单位区域中心的坐标如表 5 所示：

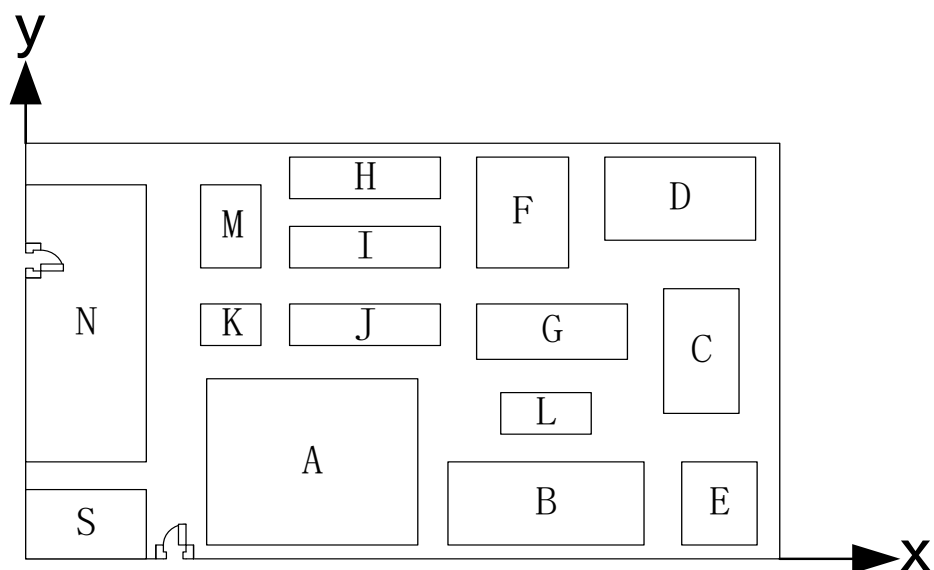


图 4 车间初始布局图

表 5 作业单位区域中心的坐标表

作业单位名称	A	B	C	D	E
中心坐标	(7, 19)	(37.5, 5)	(45, 15.5)	(44, 26)	(45.5, 5)
作业单位名称	F	G	H	I	J
中心坐标	(35, 25)	(35, 17)	(23, 27.5)	(23, 23.5)	(23, 17.5)
作业单位名称	K	L	M	N	S
中心坐标	(14, 16.5)	(36, 11.5)	(14, 26)	(4, 17)	(4, 2.5)

3.3 车间布局存在的问题

在全球制造业中，智能和自动化水平不断提高，因此企业随后的生产成本也在不断增加。而企业想要得到更多的利润，就必须控制生产成本和提高产品的质量，如何有效地控制生产成本，首先解决车间一些不良的设施和布局问题，是很有效的，能够显著的减少损失，重新规划，省时省钱，节省人工与搬运费用。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如
要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/287052106110010044>

-
- [1] 周小康,段亚林. 基于 SLP 与 SHA 的轻卡离合器工厂设施布局优化[J]. 机械工程师,2018(04):86-88.
 - [2] 李岩,吴智铭. 基于 GA 和设备嵌套思想的制造单元布置优化[J]. 上海交通大学学报,2001(08):1125-1128.
 - [3] 张新敏,韩天渊. 齿轮车间物流分析与设备布置[J]. 机械设计与制造,2005(04):124-125.
 - [4] 王昀睿. 基于 SLP 的某钢结构公司生产车间布局优化研究[J]. 现代制造工程,2019(03):31-37.
 - [5] 常芳芳. 基于改进 SLP 的生产车间静态设施布局研究[D]. 重庆:重庆大学,2014.
 - [6] 黄裕. 基于 SLP 的车间设施布置优化分析[J]. 中国集体经济,2020(30):160-161
 - [7] 孟素素. 基于 SLP 方法的生产车间设施布局研究[J]. 现代商贸工业,2018,39(30):189-190.
 - [8] TAK C,LALIT Y.Improvement in layout design using of a small size manufacturing unit:a case study[J]. IOSR Journal of Engineering,2012,2(10):1-7.
 - [9] 王俊,王金廷,秦明远,牛奔. 调整型 SLP 方法在西交院菜鸟驿站布局优化中的应用[J]. 中国储运,2020(09):143-144.
 - [10] 李建华,陈祥儒,周鹏. 基于 SLP 的采掘装备壳体车间布局优化研究[J]. 价值工程,2020,39(11):284-288.
 - [11] 任强. 基于动线型 SLP 的仓库布局优化实现研究[D]. 成都理工大学,2020.
 - [12] 徐家昕,郭志明,刘杨. 基于 SLP 的施工场地布置优化研究[J]. 工程经济,2020,30(01):28-32.